



# **Sveriges skogsmarksarealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner**

**Jonas Fridman  
Hampus Holmström  
Kenneth Nyström  
Hans Petersson  
Göran Ståhl  
Sören Wulff**

**Arbetsrapport 54 1999**

---

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET  
Institutionen för skoglig resurshushållning  
och geomatik  
S-901 83 UMEÅ  
Tfn: 90-786 58 25 Fax: 090-14 19 15, 77 81 16

ISSN 1401-1204  
ISRN SLU-SRG-AR--54--SE

## **Förord**

Denna arbetsrapport tjänar två syften. Huvudsyftet är att på basis av internationella ägoslagsdefinitioner redovisa vilka arealer skogsmark respektive träd- och buskmark som finns i Sverige. Härutöver avrapporteras resultat från ett internt kompetensutvecklingsprogram med fokus på multivariat statistik. Inom ramen för detta genomfördes bl.a. beräkningar med inriktning på ägoslagsklassificering. Resultaten från de aktuella metodstudierna presenteras i ett särskilt appendix.

Umeå i maj 1999

Göran Ståhl

## Inledning

Vid redovisning av resultat från regionala, nationella eller internationella resursinventeringar brukar en uppdelning av arealer på ägoslag göras. Att definiera vad termen ägoslag står för är inte helt lätt. En viktig komponent i begreppet anknyter emellertid till markanvändningen. Följaktligen särskiljs ofta skogsmark från jordbruksmark och bebyggd mark. Ägoslag åsätts dock även utifrån andra kriterier än markanvändning och normalt urskiljs flera olika typer av impediment, t.ex. myrimpediment och bergimpediment. Någon enkel definition av vad som åsyftas med ett ägoslag är därför svår att ge. Begreppet kan snarast sägas spegla vad som uppfattas som en första naturlig uppdelning av land- och vattenarealerna i olika kategorier.

Ägoslagsdefinitioner skiljer sig åt mellan olika länder. Detta gäller i allra högsta grad ägoslaget skogsmark. I de Nordiska länderna definieras skogsmark i huvudsak efter produktionsförmåga (och markanvändning), medan begreppet i flera andra länder utgår från kronslutenhet (Köhl, m.fl. 1997). Även om klassificeringsgrunderna är desamma skiljer sig ändå de exakta definitionerna ofta åt. Således räcker det t.ex. med 5% kronslutenhet för att ett område ska räknas som skogsmark i Spanien, medan motsvarande krav i Österrike är 30%. I Sverige gäller som bekant att skogsmark är sådan mark där produktionsförmågan överstiger 1 m<sup>3</sup>sk/ha,år samtidigt som marken inte i väsentlig utsträckning används för andra ändamål. (Enligt skogsvårdslagen inräknas även olika former av skyddsskogar, även om produktionsförmågan är mindre än 1 m<sup>3</sup>sk/ha,år.)

I samband med internationella jämförelser och t.ex. ratificering av konventioner är det ett betydande problem att definitioner av begrepp skiljer sig åt mellan olika länder. Detta gäller inte minst begreppet skogsmark. FAO (och UN/ECE) har emellertid i anslutning till sina återkommande uppskattningar av tillståndet i världens skogar – Forest Resource Assessment 2000 (FRA2000) är den senaste – utarbetat riktlinjer som ska kunna användas globalt (Anon 1997). Dessa återges i fullständig form i appendix 1 och i sammanfattad form nedan:

- Skogsmark (*forest*) är sådana områden som har potential att bära träd med en sammanlagd krontäckning om minst 10% och en höjd om minst 5 meter. Mark som i huvudsak används för jordbruk ingår ej och ett område måste vara minst 0.5 ha stort för att räknas med.
- Träd- och buskmark (*other wooded land*) är sådana områden som har potential att bära minst 5 meter höga träd med en krontäckning i intervallet 5-10%, samt områden som har en krontäckning av träd- och buskar om minst 10% men ej klarar kraven för skogsmark. Mark som i huvudsak används för jordbruk ingår ej och ett område måste vara minst 0.5 ha stort för att räknas med.

I Sverige genomfördes under 1998 en landsomfattande uppskattning av skogsmark respektive träd- och buskmark, enligt FRA2000s definitioner, i Riksskogstaxeringens (RTs) regi. Avsikten är att momentet ska finnas kvar även fortsättningsvis i RT. Den inventering som genomfördes omfattade emellertid inte reservat med restriktioner för skogsbruk och inte heller fjällregionen. De senare områdena täcks dock översiktligt, dels av en studie av Löfgren (1998) – där fjällområdet samt reservat ovan gränsen för svårföryngrad skog taxerades i kartor och flygbilder – dels av en särskild reservatsinventering som genomfördes som ett särskilt moment inom RT vid mitten av 90-talet.

Syftet med den aktuella arbetsrapporten är att redovisa arealerna skogsmark respektive träd- och buskmark i Sverige på basis av data från RT 1998. Dessa uppgifter kompletteras med resultat från Löfgren (1998), samt från den särskilda reservatsinventeringen för att totala arealer på landsnivå ska erhållas. Härutöver redovisas, i appendix 2, resultaten från multivariata databearbetningar som utförts i samband med ett internt kompetensutvecklingsprogram. Eftersom flera av dessa bearbetningar innebar klassificering av ägoslag förlades redovisningarna till den aktuella arbetsrapporten.

## Material och metoder

Riksskogstaxeringen är en inventering av Sveriges skogar som pågått mer eller mindre kontinuerligt sedan 1923 (Segebaden 1998). Provytor förlagda till kluster (s.k. trakter) täcker numera årligen hela landet. Vissa provytor är permanenta, d.v.s. de återinventeras efter en viss period, medan andra är tillfälliga. Totalt hamnar årligen ungefär 12000 provytor på land. Vissa av dessa besöks emellertid aldrig i fält. Det rör sig i huvudsak om provytor som hamnar inom fjällområdet, inom bebyggda områden, inom större jordbruksområden, inom vissa myr- och bergområden, samt provytor inom reservat med restriktioner för skogsbruket. Dessa ytor karttaxeras, vilket i grova drag innebär att de åsätts ett ägoslag enligt RTs traditionella definitioner. En särskild reservatsinventering genomfördes emellertid under mitten av 90-talet. Skogstillståndet inom reservat beskrevs då med stöd av traditionell fältinventering.

På provytor som besöks i fält mäts eller bedöms ett stort antal variabler (Anon 1998a), däribland s.k. internationellt ägoslag fr.o.m. 1998. Här anges om provytan är att hänföra till skogsmark, träd- och buskmark, kalt impediment, eller övrig mark enligt internationella definitioner. Definitionerna av de två första kategorierna överensstämmer i alla väsentliga delar (se vidare nedan) med FRA2000. Kalt impediment är impedimentmark som inte uppfyller kraven för vare sig skogsmark eller träd- och buskmark. Övrig mark är alla andra ägoslag, t.ex. jordbruksmark och bebyggd mark. Angivelserna baseras på bedömningar. Förmågan att göra bra bedömningar tränas dock på väl inmätta ytor i samband med exkursioner. Formella mätningar av krontäckning skulle innebära ett mycket omfattande arbete, något som inte har bedömts vara motiverat. Dessutom relaterar definitionerna till potential snarare än aktuellt tillstånd, vilket ofta innebär att formella mätningar är meningslösa.

RTs definitioner överensstämmer emellertid inte fullt ut med FRA2000s definitioner. En skillnad är att arealkravet har dragits ner från 0.5 ha till 0.25 ha, för att överensstämma med RTs traditionella arealupplösning. Denna avvikelse torde dock innebära endast mycket marginella skillnader i resultat. En andra skillnad är att en höjdgräns införts även för träd- och buskmark. Denna har satts till 0.5 meter. Skälet är att undvika icke-intuitiva utfall, t.ex. i extremfallet att fjällhedar bevuxna med dvärgvide (centimeterhög, men kan ha stor täckning) tas upp som träd- och buskmark.

Beräkningar av arealer på basis av RTs material är enkla – om man bortser från att skattningar ska göras separat för det tillfälliga och det permanenta stickprovet för att sedan vägas ihop. Varje provyta (eller delyta) erhåller en viss s.k. arealfaktor beroende på inom vilken region provytan är belägen, samt hur många provytor som lagts ut inom regionen det aktuella året. Arealfaktorn ger den areal ytan representerar. Genom att addera arealfaktorer för provytor som förts till visst ägoslag erhålls total areal för ägoslaget. Denna typ av beräkningar genomfördes för materialet från 1998.

Ett problem, vad gäller att erhålla skattningar på landsnivå, är att alla provytor inte besöks i fält och därmed inte åsätts ägoslag enligt FRA2000s definitioner. Områden som vid karttaxering klassas som fjäll enligt RT kan vara såväl skogsmark som träd- och buskmark, eller kalt impediment. Detsamma gäller områden som klassas som fridlysta (reservat med restriktioner för skogsbruket). För att möjliggöra en heltäckande skattning av de intressanta arealerna genomfördes därför en översiktlig kompletterande studie (Löfgren 1998). Studien baserades på provytor som klassats som fjäll eller fridlysta i ordinarie RT. Genom att nyttja en kombination av topografiska kartor, vegetationskartor och flygbildstolkning åsattes ägoslag enligt FRA2000 för de aktuella provytorna. Av naturliga skäl är noggrannheten i dessa siffror okänd. Bland flera metodmässiga problem kan nämnas svårigheten att i flygbild dra gränsen mellan träd- och buskmark och kalt impediment. I föreliggande arbetsrapport har medeltal för Löfgrens skattningar för åren 1995-96 använts.

Löfgrens studie genomfördes helt och hållet ovan gränsen för svårföryngrad skog. Skogsmark samt träd- och buskmark nedan denna gräns omfattas därmed inte. För att skatta dessa arealer nyttjades uppgifter från RTs reservatsinventering. Här antogs att fördelningen av de

internationella ägoslagen på RTs traditionella ägoslag var identiska med de som uppmättes under 1998.

Bland annat mot bakgrund av den teknik som använts inom ordinarie ägoslagen fjäll och fridlyst redovisas inga medelfel för arealskattningarna.

## Resultat och diskussion

I tabell 1 redovisas resultat från Riksskogstaxeringen 1998, för de traditionella ägoslag (utom fjäll och fridlyst) där skogsmark respektive träd- och buskmark enligt internationella definitioner kan vara aktuella.

Tabell 1. *Arealer (1000 ha) av olika ägoslag i olika delar av landet samt totalt. Till vänster i tabellen återfinns de traditionella ägoslag (utom fjäll och fridlyst) inom vilka skogsmark respektive träd- och buskmark enligt internationella definitioner kan finnas.*

| Arealer enligt RT 98 (1000 ha) |                       | INTERNATIONELLT ÄGOSLAG |                       |                  |               |                        | Totalt |
|--------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|------------------|---------------|------------------------|--------|
| Landsdel                       | TRADITIONELLT ÄGOSLAG | Skogs-<br>mark          | Träd- och<br>buskmark | Kalt<br>impedim. | Övrig<br>mark | Ej bedömt<br>(karttax) |        |
| Norra                          | Skogsmark             | 6600                    |                       |                  |               |                        | 6600   |
| Norrland                       | Myr (och klimatimp.)  | 859                     | 767                   | 949              |               | 7                      | 2583   |
|                                | Berg                  | 113                     | 23                    | 9                |               |                        | 145    |
|                                | Fjällbarrskog         | 157                     | 7                     |                  |               | 7                      | 171    |
|                                | Annan mark            | 12                      |                       | 1                | 4             |                        | 17     |
|                                | <b>Totalt</b>         | 7742                    | 797                   | 959              | 4             | 14                     | 9517   |
| Södra                          | Skogsmark             | 5422                    |                       |                  |               |                        | 5422   |
| Norrland                       | Myr (och klimatimp.)  | 364                     | 452                   | 379              |               | 52                     | 1246   |
|                                | Berg                  | 100                     | 32                    | 25               |               | 10                     | 167    |
|                                | Fjällbarrskog         | 180                     | 70                    |                  |               |                        | 249    |
|                                | Annan mark            | 1                       |                       | 5                | 3             |                        | 9      |
|                                | <b>Totalt</b>         | 6066                    | 553                   | 409              | 3             | 62                     | 7094   |
| Svealand                       | Skogsmark             | 5243                    |                       |                  |               |                        | 5243   |
|                                | Myr                   | 235                     | 160                   | 304              |               |                        | 699    |
|                                | Berg                  | 177                     | 33                    | 22               |               | 5                      | 238    |
|                                | Annan mark            | 35                      | 3                     | 17               | 3             |                        | 58     |
|                                | <b>Totalt</b>         | 5690                    | 196                   | 343              | 3             | 5                      | 6238   |
| Götaland                       | Skogsmark             | 4762                    |                       |                  |               |                        | 4762   |
|                                | Myr                   | 97                      | 109                   | 87               |               |                        | 293    |
|                                | Berg                  | 183                     | 101                   | 91               |               | 44                     | 418    |
|                                | Annan mark            | 19                      | 9                     | 7                | 2             | 3                      | 40     |
|                                | <b>Totalt</b>         | 5061                    | 218                   | 185              | 2             | 47                     | 5514   |
| Hela landet                    | Skogsmark             | 22028                   |                       |                  |               |                        | 22028  |
|                                | Myr (och klimatimp.)  | 1554                    | 1488                  | 1718             |               | 60                     | 4821   |
|                                | Berg                  | 574                     | 188                   | 148              |               | 59                     | 968    |
|                                | Fjällbarrskog         | 337                     | 77                    |                  |               | 7                      | 421    |
|                                | Annan mark            | 66                      | 12                    | 30               | 13            | 3                      | 125    |
|                                | <b>Totalt</b>         | 24559                   | 1766                  | 1895             | 13            | 128                    | 28363  |

Även om tabell 1 inte ger en heltäckande bild av arealerna på landsnivå, ger den en intressant bild av hur ägoslagen enligt internationella definitioner fördelar sig på olika traditionella ägoslag. Fullt naturligt är all skogsmark enligt traditionell definition även skogsmark enligt FRA2000s definition. Intressantare blir det emellertid då de traditionella ägoslagen myr resp. berg studeras. Som bekant är dessa båda ägoslag traditionellt att räkna som impediment. Enligt internationell definition är dock ca 30% av myrmarken och ca 60% av bergimpedimenten (på landsnivå) att hänföra till skog. Ytterligare ca 30% av myrarealerna faller under kategorin träd- och buskmark, medan motsvarande siffra för bergen är ca 20%. Fjällbarrskogen (som traditionellt sett också förs till impedimenten) består till ca 80% av skogsmark enligt internationell definition.

För att erhålla skattningar på landsnivå kompletterades resultaten i tabell 1 med uppgifter från Löfgren (1998), samt från den särskilda reservatsinventeringen. I tabell 2 redovisas de siffror som därmed erhöles, vilka alltså avser totalarealer skogsmark respektive träd- och buskmark på landsnivå. (Karttaxerade arealer enligt tabell 1 har i dessa beräkningar antagits bestå till 50% av träd- och buskmark och till 50% av kalt impediment.)

Tabell 2. *Arealer skogsmark respektive träd- och buskmark enligt FRA2000s definitioner på nivån hela Sverige, baserat på resultat från Riksskogstaxeringen 1998, Löfgren (1998) och RTs reservatsinventering.*

| Internationellt ägoslag | Areal (1000 ha) |
|-------------------------|-----------------|
| Skogsmark               | 26 760          |
| Träd- och buskmark      | 3 400           |
| Totalt                  | 30 160          |

Man bör notera att siffrorna i tabell 2 i huvudsak baseras på material från ett enda års inventering. De bör därför betraktas som relativt osäkra. Till exempel är den totala arealen skogsmark enligt traditionell definition väsentligt lägre 1998 (22.0 milj. ha) än motsvarande siffra enligt Skogsdata 97 (22.6 milj. ha; Anon 1998b). Den senare siffran avser medeltal enligt RT för perioden 1992-96. Även om relativt stora avsättningar till reservat genomförts under perioden förklarar dessa endast en mindre del av skillnaden. Totalsiffran i tabell 2 ligger därför förmodligen lågt. Orsaken är tillfälliga stickprovsvfel.

Tidsschemat för Sveriges inrapportering av resultat till FRA2000 krävde att resultat levererades tidigt under våren 1998, d.v.s. innan resultat från säsongen 1998 fanns tillgängliga. Vid rapporteringen baserades siffrorna på bedömningar utifrån tillgängliga uppgifter om stamantal, grundyta, etc. samt tidigare genomförda registreringar av kronslutenhet. Till detta lades Löfgrens särskilda utredning inom ägoslagen fjäll och fridlyst varvid skattningar av arealerna skogsmark, respektive träd- och buskmark kunde erhållas på landsnivå. Dessa uppgifter, d.v.s. de som verkligen levererades in till FRA2000, redovisas i tabell 3.

Tabell 3. *Arealer skogsmark respektive träd- och buskmark på nivån hela Sverige. Uppgifterna avser de som rapporterats till FRA2000, före det att 1998 års inventering var genomförd.*

| Internationellt ägoslag | Areal (1000 ha) |
|-------------------------|-----------------|
| Skogsmark               | 27 264          |
| Träd- och buskmark      | 2 995           |
| Totalt                  | 30 259          |

Överensstämmelsen mellan resultaten i tabell 2 och tabell 3 är god, särskilt mot bakgrund av att det alltså finns skäl att misstänka att resultaten i tabell 2 ligger i underkant.

Mot bakgrund av resonemangen ovan genomfördes en ytterligare beräkning. I denna hämtades arealerna av de traditionella ägoslagen skogsmark, myr, berg och fjällbarrskog från Skogsdata 97 (Anon 1998b) såsom genomsnitt för RTs skattningar under perioden 1992-96. Proportioner skogsmark respektive träd- och buskmark, enligt FRA2000s definition, inom varje traditionellt ägoslag togs från tabell 1. Till detta lades Löfgrens skattningar (medeltal för 1995-96) för ägoslagen fjäll och fridlyst, samt data från RTs särskilda reservatsinventering.

Tabell 4. *Arealer skogsmark respektive träd- och buskmark på nivån hela Sverige, om resultat från RT 1998 används enbart för att beräkna proportioner av internationella ägoslag inom traditionella ägoslag. Data från RT 1992-96 användes för att erhålla totalarealer av de traditionella ägoslagen. Resultat från Löfgren (1998) och uppgifter från RTs särskilda reservatsinventering användes inom de traditionella ägoslagen fjäll och fridlyst.*

| Internationellt ägoslag | Areal (1000 ha) |
|-------------------------|-----------------|
| Skogsmark               | 27 290          |
| Träd- och buskmark      | 3 320           |
| Totalt                  | 30 610          |

Överensstämmelsen mellan resultaten i tabell 3 och tabell 4 är god, särskilt vad gäller arealen skogsmark. Således är slutsatsen att vi i Sverige har drygt 30 miljoner hektar av vad som internationellt räknas som skogsmark eller träd- och buskmark. Detta är betydligt högre än vår traditionella skattning av skogsmarksarealen, som är ca 22.5 miljoner hektar (exklusive reservat). Tillkommande arealer är främst trädklädda berg- och myrimpediment, fjällbarrskog, fjällbjörkskog, skog inom reservat, samt videområden i fjällen.

Vid internationella jämförelser är skillnaden betydande. Bland annat är följden, eftersom träd på impediment endast i mycket begränsad omfattning får avverkas enligt skogsvårdslagen, att ca 8 miljoner hektar skogsmark eller träd- och buskmark kan anses vara skyddade i Sverige. Detta motsvarar drygt 25% av arealen. Motsvarande siffra, om vår traditionella definition av skogsmark används, är ca 3.5%. Detta är en avgörande skillnad. Samtidigt är det viktigt att vara klar över att de tillkommande arealerna i huvudsak utgörs av mycket lågproduktiva marken, vars värden för 'skogsanknuten' biologisk mångfald förmodligen är relativt begränsade.

## Referenser

Anon. 1997. Temperate and boreal forest resource assessment 2000. Terms and definitions. United Nations, ECE and FAO.

Anon. 1998a. Instruktion för fältarbetet vid Riksskogstaxeringen. SLU, Inst. för skoglig resurshushållning och geomatik.

Anon. 1998b. Skogsdata 97. SLU, Inst. för skoglig resurshushållning och geomatik.

Köhl, M., Päivinen, R., Traub, B. och Miina, S. 1997. 'Comparative study', in: Study on European forestry information and communication system (EFICS). Reports on forestry inventory and survey systems (vol 2). European Commission.

Löfgren, P. 1998. Skogsmark, samt träd- och buskmark inom fjällområdet. – En skattning av arealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. SLU, Inst. för skoglig resurshushållning och geomatik. Arbetsrapport 34.

Segebaden, G. von. 1998. Rikstaxen 75 år. Utvecklingen 1923-1998. SLU, Inst. för skoglig resurshushållning och geomatik. Rapport 8.



## Appendix 1 – FRA2000s definitioner av skogsmark respektive träd- och buskmark

I introduktionen definierades FRA2000s begrepp skogsmark (*forest*) och träd- och buskmark (*other wooded land*) relativt kortfattat på svenska. De fullständiga engelska definitionerna (Anon 1997) framgår nedan. Dessa definitioner gäller globalt.

### Forest (skogsmark)

“Land with tree crown cover (or equivalent stocking level) of more than 10 percent and area of more than 0.5 ha. The trees should be able to reach a minimum height of 5 m at maturity *in situ*. May consist either of closed forest formations where trees of various storeys and undergrowth cover a high proportion of the ground; or of open forest formations with a continuous vegetation cover in which tree crown cover exceeds 10 percent. Young natural stands and all plantations established for forestry purposes which have yet to reach a crown density of 10 percent or tree height of 5 m are included under forest, as are areas normally forming part of the forest area which are temporarily unstocked as a result of human intervention or natural causes but which are expected to revert to forest.

*Includes:* Forest nurseries and seed orchards that constitute an integral part of the forest; forest roads, cleared tracts, firebreaks and other small open areas within the forest; forest in national parks, nature reserves and other protected areas such as those of special environmental, scientific, historical, cultural or spiritual interest; windbreaks and shelterbelts of trees with an area of more than 0.5 ha and a width of more than 20 m. Rubberwood plantations and cork oak stands are included.

*Excludes:* Land predominantly used for agricultural practises.”

### Other wooded land (träd- och buskmark)

“Land either with a tree crown cover (or equivalent stocking level) of 5-10 percent of trees able to reach a height of 5 m at maturity *in situ*; or a crown cover (or equivalent stocking level) of more than 10 percent of trees not able to reach a height of 5 m at maturity *in situ* (e.g. dwarf or stunted trees) and shrub or bush cover.

*Excludes:* Areas having the tree, shrub or bush cover specified above but of less than 0.5 ha and width of 20 m, which are classed under ”other land”; land predominantly used for agricultural practises.”

## Appendix 2 – multivariat statistik i anslutning till internationella ägoslagsdefinitioner

I detta appendix redovisas resultaten från ett kompetensutvecklingsprogram i multivariat statistik. Att dessa resultat redovisas i den aktuella arbetsrapporten hänger samman med att flera av studierna fokuserade på klassificering av ägoslag enligt FRA2000 på basis av material från Riksskogstaxeringen 1998. Enbart provytor på impedimentmark omfattades, eftersom problemet att urskilja skogsmark från träd- och buskmark och kalt impediment (enligt internationella definitioner) är mest påtagligt här. Redovisningarna är mycket metodinriktade.

### Appendix 2.1 – Diskriminantanalys (Hans Petersson)

Syftet med denna studie var att undersöka hur väl diskriminantanalys fungerar för att urskilja internationella ägoslag från befintliga data från Riksskogstaxeringen. Diskriminantanalys är en metod där man undersöker hur väl individer kan föras till sina respektive gruppstillhörigheter på basis av en multivariat beskrivning av varje individ. Till skillnad från klusteranalys måste grupperna vara kända. Om fördelningen inom varje grupp kan antas vara multivariat normalfördelad kan en parametrisk metod baserad på normalfördelningsteori användas för att härleda linjära eller kvadratiske diskriminantfunktioner. Analysmetoden är känslig för om detta antagande är uppfyllt, d.v.s. metoden är lämplig enbart om inom-grupp kovariansmatrisen är approximativt lika för alla grupper. Om så ej är fallet kan icke-parametriska metoder användas. Nackdelen med sådana är att vissa tester saknas eller är svårtolkade.

I detta fall har de internationella ägoslagen skogsmark (I), träd- och buskmark (II) och kalt impediment (III) analyserats under antagande om multivariat normalfördelning. Prediktorerna som använts bestod av olika kontinuerliga variabler t.ex. beskrivande grundyta, stamantal, medeldiameter, avstånd till kust och trädslagsandel. Diskrimineringen baserades på Mahalanobis avstånd och detta avstånd kan beräknas för varje observation. Skillnaden mellan observationens Mahalanobis avstånd och medelvektorn för respektive grupp jämförs och observationen allokeras till den grupp för vilken skillnaden är minst.

I tabell A1.1 presenteras resultatet av denna gruppering. Eftersom syftet med analysen var att få en uppfattning om möjligheten av att med metoden kunna gruppera internationella ägoslag utifrån befintliga data, så presenteras inte de linjära diskriminantfunktionerna utan enbart i vilken omfattning metoden lyckades gruppera korrekt.

Tabell A1.1. *Gruppering av de internationella ägoslagen skogsmark (I), träd- och buskmark (II) och kalt impediment (III) med hjälp av diskriminantanalys.*

| Grupperad<br>till grupp | Sann grupp |      |      |
|-------------------------|------------|------|------|
|                         | I          | II   | III  |
| I                       | 450        | 82   | 16   |
| II                      | 168        | 290  | 130  |
| III                     | 31         | 83   | 286  |
| Totalt                  | 649        | 455  | 432  |
| Andel korrekt           | 0.69       | 0.64 | 0.66 |

Resultatet visar att 64-69% grupperas korrekt. Hela 588 observationer klassas till grupp II, bara 548 till grupp I och 400 till grupp III. Således kan konstateras att klassningen inte tycks vara väntevärdesriktig.

Om klassningen sker med samma material som funktionen är utvecklad på kan en överanpassning till materialet uppstå. Ett resultat opåverkat av en sådan eventuell överanpassning kan erhållas med korsvalidering. I tabell A1.2 presenteras resultatet av motsvarande den i tabell A1.1 gjorda klassningen men nu baserad på korsvalidering.

Tabell A1.2. Gruppering av de internationella ägoslagen skogsmark (I), träd- och buskmark (II) och kalt impediment (III) med hjälp av diskriminantanalys och korsvalidering.

| Grupperad<br>till grupp | Sann grupp |      |      |
|-------------------------|------------|------|------|
|                         | I          | II   | III  |
| I                       | 446        | 85   | 18   |
| II                      | 172        | 287  | 128  |
| III                     | 31         | 83   | 286  |
| Totalt                  | 649        | 455  | 432  |
| Andel korrekt           | 0.69       | 0.63 | 0.66 |

Det förekommer inga större skillnader i resultat med eller utan korsvalidering.

Det finns en rad metoder för att testa eventuella skillnader mellan grupper, t.ex. Wilks' Lambda, Pillai's Trace, Hotelling-Lawley Trace och Roy's Greatest Root. I denna studie var samtliga dessa "F-tester" av skillnader mellan grupper signifikanta ( $p < 0.0001$ ). Tester på enskilda variabler kan göras med univariata test vilket gjordes i denna studie — alla variabler inkluderade är signifikanta ( $p < 0.0001$ ). Ett annat sätt att välja variabler är att utnyttja stegvisa metoder. En nackdel med dessa senare metoder är att om många variabler används så blir vissa variabler signifikanta enbart av slumpen varför metoderna bedömdes mindre lämpliga. Samtliga ovan beskrivna tester beskrivs i Anon. (1990). Det finns många tekniska metoder att styra grupperingen om man t.ex. på förhand vet att i snitt hamnar 80% av observationerna i grupp två. Detta kan eventuellt utnyttjas för att erhålla mer väntevärdesriktiga grupperingar i en kommande studie men har alltså inte utnyttjats i denna analys. Vidare kan materialet delas in i traditionella ägoslag varefter flera diskriminantanalyser utförs — en för varje traditionellt ägoslag. Detta gjordes också men innebar ingen förbättrad gruppering.

Sammanfattningsvis konstateras att metoden fungerar någorlunda väl vad gäller andel korrekt skattade grupper. Eftersom grupperingarna ej verkar vara väntevärdesriktiga anses metoden emellertid inte vara direkt lämplig för att gruppera internationella ägoslag.

### Referens

Anon. 1990. SAS/STAT User's Guide, Version 6. Fourth Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA. ISBN 1-55544-376-1.

## Appendix 2.2 – Principalkomponentanalys för klustring (Jonas Fridman)

Denna teknik används främst för att reducera antalet dimensioner i multivariata data som är inbördes korrelerade. Målsättningen är att använda befintliga  $p$  variabler  $X_1, X_2, \dots, X_p$  och finna linjära kombinationer av dessa för att beräkna index  $Z_1, Z_2, \dots, Z_p$  som är inbördes okorrelerade:  $Z_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p$ . Avsaknaden av korrelation medför att indexen beskriver unika dimensioner i datamaterialet. Indexen är dessutom rangordnade på så vis att  $Z_1$  beskriver den största variationen,  $Z_2$  den näst största osv. Med detta följer att  $\text{Var}(Z_1) \geq \text{Var}(Z_2) \geq \text{Var}(Z_3) \geq \dots \geq \text{Var}(Z_p)$ .  $Z$ -variablerna benämns principalkomponenter (PC) och  $Z_1 = \text{PC } 1, Z_2 = \text{PC } 2$  osv.

Vid en PCA är förhoppningen att variansen för de flesta principalkomponenterna skall vara försumbar, d.v.s. att så mycket av variationen som möjligt skall beskrivas av så få principalkomponenter som möjligt. 'Bäst' resultat fås då  $X$ -variablerna är så starkt korrelerade. Om så är fallet kan ett material med 20-30 ursprungliga variabler kanske beskrivas väl med hjälp av endast 2-3 principalkomponenter.

### *PCA för klusteranalys med fokus på internationella ägoslag*

I följande metodstudie är vi intresserade av om en separering av de internationella ägoslagen skogsmark, träd- och buskmark, samt kalt impediment kan göras medelst PCA.  $X_1, X_2, \dots, X_p$  utgörs här av de ordinarie variabler som samlas in vid Riksskogstaxeringens inventering.

$X_1 = \text{HOJDOH}$  (höjd över havet)  
 $X_2 = \text{TSUMMA}$  (temperatursumma)  
 $X_3 = \text{GRYTALL}$  (grundyta tall)  
 $X_4 = \text{GRYGRAN}$  (grundyta gran)  
 $X_5 = \text{GRYSPEC}$  (grundyta torra träd och vindfällen)  
 $X_6 = \text{STHA0B}$  (antal barrstammar/ha)  
 $X_7 = \text{STHA0T}$  (totalt antal stammar/ha)  
 $X_8 = \text{MDITALL}$  (medeldiameter tall)  
 $X_9 = \text{MDIGRAN}$  (medeldiameter gran)  
 $X_{10} = \text{MDIBJORK}$  (medeldiameter björk)  
 $X_{11} = \text{MDIOLOV}$  (medeldiameter övriga lövträd)  
 $X_{12} = \text{MDITOT}$  (medeldiameter alla träd)  
 $X_{13} = \text{BREDGRA}$  (breddgrad)  
 $X_{14} = \text{LONGITUD}$  (longitud)  
 $X_{15} = \text{KUSTAVST}$  (avstånd till kust)  
 $X_{16} = \text{GRYTOT}$  (total grundyta/ha)  
 $X_{17} = \text{GRYLEV}$  (grundyta/ha levande träd)  
 $X_{18} = \text{GRYOVR}$  (grundyta/ha lövträd)  
 $X_{19} = \text{TALLAND}$  (andel tall)  
 $X_{20} = \text{GRANAND}$  (andel gran)  
 $X_{21} = \text{OVRAND}$  (andel övriga trädslag)

Det första steget i en PCA är att en kovariansmatris ( $C$ ) beräknas. Då en standardisering av  $X$ -variablerna skett är denna matris detsamma som en korrelationsmatris. Med hjälp av  $C$  kan variansen för de olika PC erhållas, de s.k. egenvärdena;  $\text{Var}(Z_1) = \lambda_1, \text{Var}(Z_2) = \lambda_2, \dots, \text{Var}(Z_p) = \lambda_p$ .

## Resultat

I tabell A2.1 redovisas de beräknade egenvärdena för PC1-PC5. Det framgår att de fem första komponenterna fångar upp 72% av variationen i materialet, och att PC1 och PC2 tillsammans beskriver nästan 50% av variationen.

Tabell A2.1. *Egenvärden från korrelationsmatrisen*

|     | Egenvärden | Proportion | Kumulativ<br>proportion |
|-----|------------|------------|-------------------------|
| PC1 | 5.12       | 0.24       | 0.24                    |
| PC2 | 3.99       | 0.19       | 0.43                    |
| PC3 | 2.63       | 0.12       | 0.55                    |
| PC4 | 1.84       | 0.08       | 0.64                    |
| PC5 | 1.71       | 0.08       | 0.72                    |

Genom att beräkna medelvärden för respektive PC inom varje internationellt ägoslag (tabell A2.2) framgår skillnaderna tydligt mellan komponenterna och ägoslagen. Denna information kombinerad med tabell A2.3 där X-variablerna för PC1 och PC2 sorterats i fallande rangordning efter storleken på de sk. egenvektorer,  $a_{11}, a_{12}, \dots, a_p$  ovan (endast de fyra första redovisas), visar att PC1 beskriver mängden och storleken på de träd som finns på provytan, medan PC2 beskriver var provytan är belägen geografiskt och därmed även klimatförhållandet på ytan.

Tabell A2.2. *Medelvärden för de olika principalkomponenterna beräknad för respektive ägoslag.*

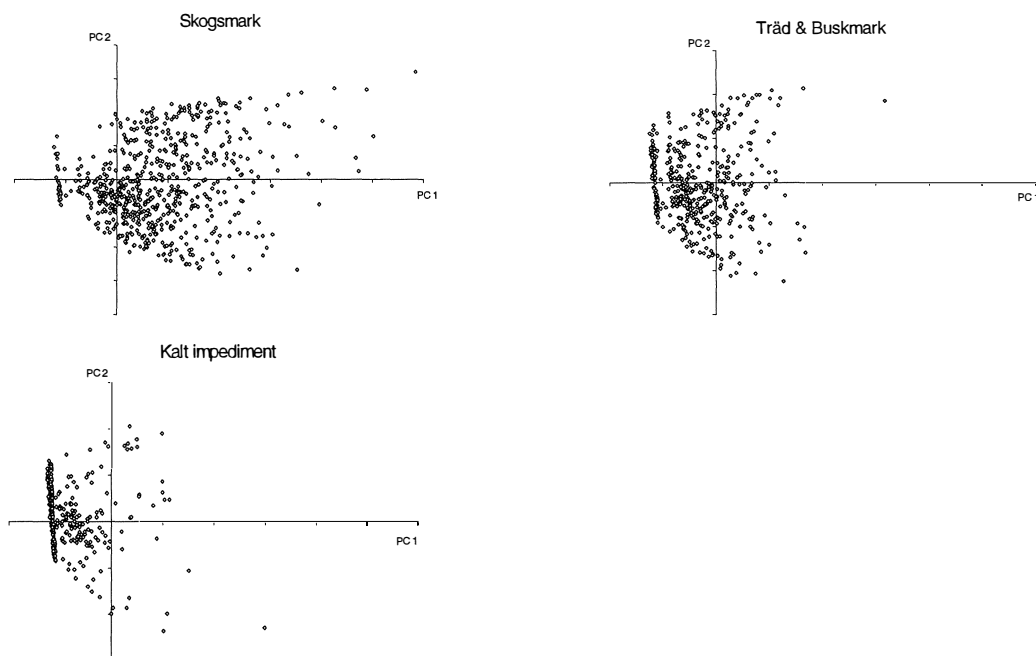
|     | Internationellt ägoslag |                   |                        |
|-----|-------------------------|-------------------|------------------------|
|     | Skogsmark               | Träd-<br>buskmark | och Kalt<br>Impediment |
| PC1 | 1.608                   | -0.594            | -1.787                 |
| PC2 | -0.268                  | -0.072            | 0.479                  |
| PC3 | 0.071                   | 0.005             | -0.112                 |
| PC4 | 0.049                   | 0.026             | -0.101                 |
| PC5 | 0.023                   | 0.087             | -0.126                 |

Tabell A2.3. *Egenvektorer för PC1 och PC2. X-variablerna sorterade efter (absolut) storlek på faktor i egenvektorer.*

| PC1 | Egenvektor | PC2 | Egenvektor |
|-----|------------|-----|------------|
|     | GRYTOT     |     | HOJDOH     |
|     | GRYLEV     |     | KUSTAVST   |
|     | MDITOT     |     | BREDGRA    |
|     | GRYGRAN    |     | GRANAND    |
|     | 0.42       |     | 0.33       |
|     | 0.41       |     | 0.32       |
|     | 0.31       |     | 0.27       |
|     | 0.28       |     | 0.23       |

Möjligheten att urskilja olika ägoslag på basis av värden på de första två principalkomponenterna illustreras nedan genom plottning av samtliga observationers värden på PC1 och PC2 (Figur A2.1). Det framgår av plottarna att skogsmark (enligt internationell definition) har en klart avvikande "träffbild" jämfört med de övriga; höga värden på PC1 (>2) ger stor

sannolikhet för att ägoslaget är skogsmark enligt internationell definition. Däremot är likheterna stora mellan träd- och buskmark och kalt impediment. Möjligen kan kalt impediment uteslutas om PC1 är större än 0. Dessvärre verkar ett stort "brus" göra en skarp separering omöjlig. Troligen beror detta på att Riksskogstaxeringens beskrivning av stora träd (>1.3 m höga) är bra, men att information om buskar och lägre träd inte är tillräcklig.



Figur A2.1. Plot av PC1 och PC2 för de tre olika internationella ägoslagen.

### Slutsats

Enbart PCA synes inte vara tillräckligt för att separera de internationella ägoslagen. Med bättre information om mindre träd och buskar kan möjligheten till en lyckad separering öka. Om efterfrågan på information om internationellt ägoslag kvarstår bör därför variabeln internationellt ägoslag även fortsättningsvis bedömas/mätas i fält.

## Appendix 2.3 – Klusteranalys (Hampus Holmström)

Inom ramen för klusteranalys ryms ett antal olika metoder för att gruppindela objekt. Klusteranalys kallas även för ostyrd klassning där, till skillnad mot exempelvis diskriminantanalys, ingen information om en förväntad grupptillhörighet nyttjas vid klustringen. Objekten gruppindelas via någon typ av avstånd dem emellan så att liknande (närliggande) objekt hamnar i samma kluster. Avstånden definieras vanligtvis med hjälp av de variabelvärden som registrerats hos varje objekt. Metoderna kan nyttjas när man söker objektiva sätt att gruppindela ett datamaterial eller vill inordna objekten i 'naturliga grupper'. En central variant av klusteranalys går under benämningen *Hierarkisk aggregering*. Här utgår man ifrån att varje objekt är ett eget kluster för att sedan stegvis slå samman de kluster som ligger närmast varandra (i någon mening) och i slutläget erhålla endast ett kluster innehållande alla objekt. Analytikern bestämmer sedan var sammanslagningsprocessen skall avbrytas och därmed hur många grupper som klusteranalysen kommer att ge upphov till.

Avstånden mellan objekten kan mätas på en mängd olika sätt. Vanligt förekommande är det Euklidiska avståndet,  $d_{ij}$ , som mellan objekt  $i$  och  $j$  i ett  $n$ -variabel datamaterial definieras enligt:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_{i1} - x_{j1})^2 + (x_{i2} - x_{j2})^2 + \dots + (x_{in} - x_{jn})^2}$$

Objektens registrerade variabelvärden utgörs av  $x_i$  respektive  $x_j$  och kan vara standardiserade för att undvika skalberoende. Variablerna kan i sin tur vikta så att närheten i en viss variabel är mer (eller mindre) betydelsefull än närheten i de andra variablerna. Utan att införa något ekvationsuttryck bör även Mahalanobisavståndet nämnas. I detta fall korrigeras det Euklidiska avståndet så att hänsyn tas till variablernas spridning och samvariation.

När avstånd skall beräknas är det centralt att definiera mellan vad detta skall göras. De olika länkingsvarianterna är även de flerfaldiga. Exempelvis kan nämnas:

- Genomsnittlig länk; avståndet mäts mellan klustrens medelvärden (tyngdpunkter)
- Enkel länk; avståndet mäts till det närmaste objektet i klustret ('nearest neighbor')
- Fullständig länk; avståndet mäts till det mest avlägsna objektet i klustret ('furthest neighbor')

Det finns inget som kan betraktas som 'bästa' avståndsmått eller 'bästa' länkningssätt utan detta skiftar från fall till fall. Valda metoder kommer dock att påverka resultatet av klusteranalysen.

För att studera klusteranalysens funktionalitet har metoden tillämpats på data från Riksskogstaxeringen 1998. Samtliga valda 1535 ytor var klassade som impediment. För varje yta finns värden registrerade för ett antal variabler men endast de nedanstående har nyttjats i denna delstudie:

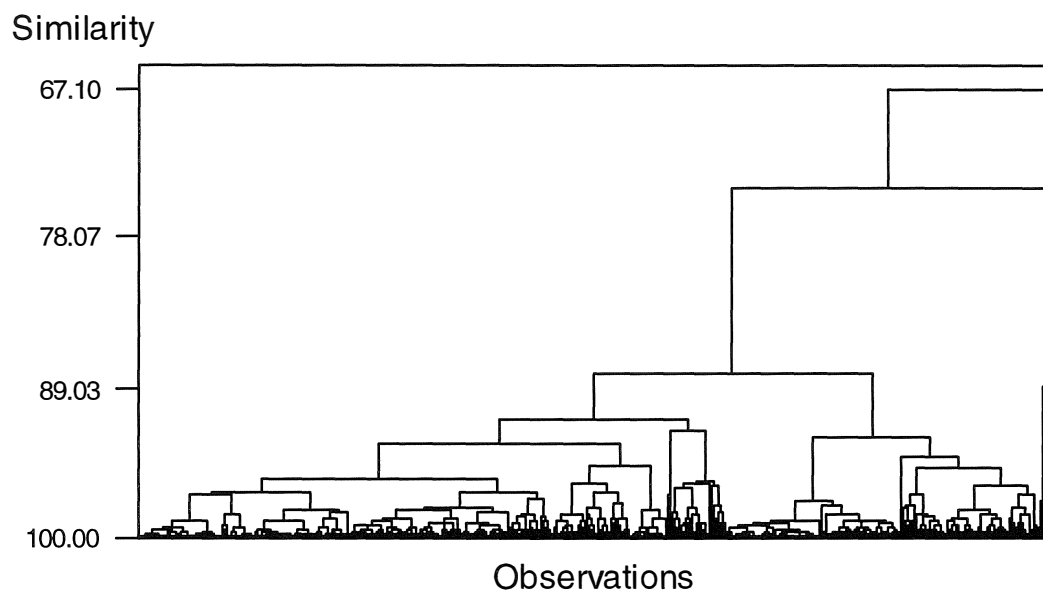
- Höjd över havet
- Breddgrad
- Temperatursumma
- Grundyta (totalt)
- Stammar/ha (totalt)
- Medeldiameter, gy-vägd (totalt)
- Lövandel

Varje yta har även klassats enligt de internationella ägolagsdefinitionerna:

- Skogsmark (1) (andel av det totala datamaterialet: 42.2%)
- Träd- och buskmark (2) (29.6%)
- Kalt impediment (3) (28.2%)

Med nyttjande av metoden *hierarkisk aggregering* studeras i vilken utsträckning ytorna kan klustras – utifrån registrerade variabelvärden – på så sätt att ytor i ett kluster utgörs av ett och samma internationellt ägoslag.

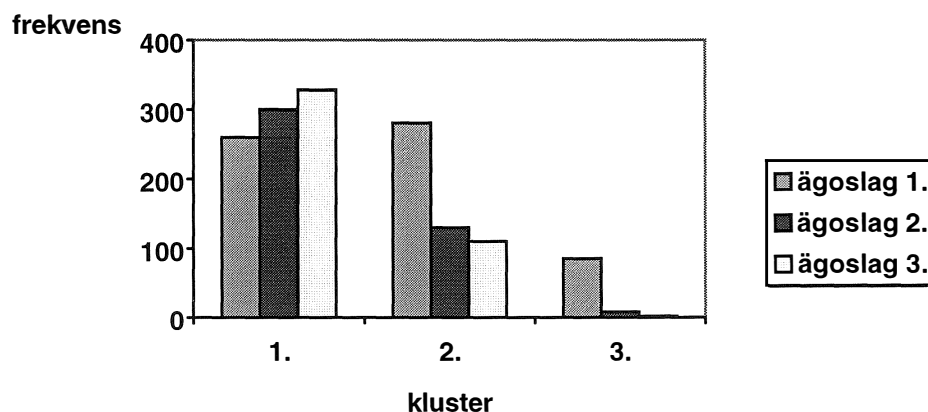
I figur A3.1 visas ett så kallat *dendrogram*. Avstånden mellan klustren vid sammanslagning utgörs av höjderna på stolparna (längs y-axeln). På så sätt kan man se vilka steg som innebär sammanslagning av relativt olika kluster och en analytiker kan finna ett lämpligt antal slutliga grupper.



Figur A3.1. Dendrogram vid klusteranalys av de aktuella provytorna (1535 st.)

Försöket syftade här till att erhålla tre stycken kluster för vilka man sedan kunde studera ägoslagsfördelningen inom respektive kluster. I princip oberoende av de ingående variablerna, valda avståndsmått och länkningsätt uppstod fenomenet att alla ytor utom två erhöles i ett kluster och de två övriga klustren innehöll en yta var. För att minska påverkan av uteliggare i datamaterialet valdes att avbryta klustringen redan vid tio kluster men sedan endast betrakta de tre klustren med flest antal ytor. Övriga kluster, oftast innehållande en eller ett par observationer, åsidosattes.

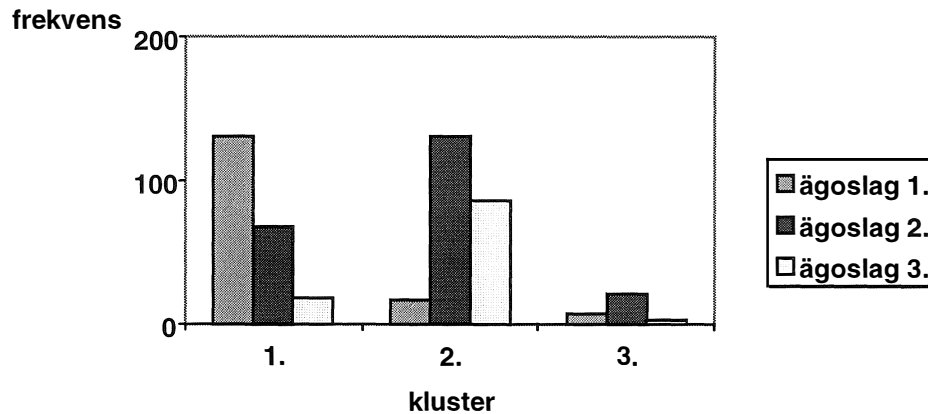
Hur de tre internationella ägoslagen fördelade sig mellan respektive kluster redovisas i figur A3.2. Kluster nr 3 innehöll nästan uteslutande skogsmark. Även kluster nr 2 dominerades av ägoslaget skogsmark.



Figur A3.2. Fördelning av internationella ägoslag mellan kluster.



En slumpmässigt urval gjordes för att reducera datamängden och på så vis underlätta tester av hur olika avstånds- och länkningsmetoder påverkar resultaten. De resultat som presenteras i figur A3.3 baseras på 400 ytor. Klustringen genomfördes här med hänsyn till enbart tre variabler (grundyta, medeldiameter och lövandel). Mellan klustrens medelvärden beräknades det Euklidiska avståndet.



Figur A3.3. Fördelning av internationella ägoslag mellan kluster, reducerat material.

Vilken kombination av avståndsmått och länkningssätt som valdes visade sig påverka resultaten kraftigt. Man kan dessutom misstänka att resultaten i stor utsträckning är beroende av det aktuella datamaterialet. Men trots detta är klusteranalysen förmodligen ett mycket gångbart statistiskt verktyg, framförallt i sådana situationer där man vill åstadkomma en klassindelning av ett multivariat dataset eller skaffa sig erfarenhet om hur detta kan göras på ett effektivt sätt.

## Appendix 2.4 – Faktoranalys (Kenneth Nyström)

I likhet med flera andra multivariata statistiska metoder innebär faktoranalys att dimensionen i ett multivariat dataset reduceras. Metoden lanserades av Charles Spearman 1904 då han studerade skrivningsresultat i olika ämnen hos en grupp studenter. Den bärande idén med faktoranalys är att utifrån ett ursprungligt data-set (med  $p$  variabler  $X_1, X_2, \dots, X_p$ ), att identifiera ett mindre antal latent (dolda) variabler,  $F_1, F_2, \dots, F_q$ , så kallade faktorer, enligt en generell modell nämligen:

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \dots & \beta_{1q} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \dots & \beta_{2q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{p1} & \beta_{p2} & \dots & \beta_{pq} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \vdots \\ \epsilon_p \end{bmatrix} \text{ ekvivalent med } X_i = \beta_{i1}F_1 + \beta_{i2}F_2 + \dots + \beta_{iq}F_q + \epsilon_i$$

Här antas  $X$ -variablerna vara standardiserade, dvs. med medelvärde 0 och variansen 1, faktorerna;  $F_1, F_2, \dots, F_q$ , antas alla vara okorrelerade med medelvärde 0 och varians 1,  $\beta_{iq}$  är koefficienter 'faktorladdningar' till de olika faktorerna (factor loadings,  $-1 \leq \beta_{iq} \leq 1$ ) för variabeln  $X_i$ ,  $\epsilon_i$  är en slumpkomponent specifik för variabeln  $X_i$ , och  $\sum \epsilon_i = 0$  och okorrelerad med alla faktorerna.

Av ovanstående följer att;

$$\text{Var}(X_i) = 1 = (\beta_{i1})^2 \text{var}(F_1) + (\beta_{i2})^2 \text{var}(F_2) + \dots + (\beta_{iq})^2 \text{var}(F_q) + \text{var}(\epsilon_i) = (\beta_{i1})^2 + (\beta_{i2})^2 + \dots + (\beta_{iq})^2 + \text{var}(\epsilon_i)$$

Summan  $(\beta_{i1})^2 + (\beta_{i2})^2 + \dots + (\beta_{iq})^2$  anger hur stor del av variansen för  $X_i$  som hänförs till de underliggande faktorerna (communality of  $X_i$ ), på svenska översatt till "gemensam varians" eller "kommunalitet".

Faktoranalys går nu ut på att se efter hur bra modellen ovan stämmer och finna ett lämpligt antal faktorer ( $F_q$ ) att ha med i modellen. En faktoranalys görs lämpligen i tre steg:

1. Bestäm preliminära (tillfälliga) koefficienter,  $(\beta_{iq})$ , till  $F_q$ . Ett snabbt och enkelt sätt är då att utnyttja principalkomponentanalys (PCA) och bortse från alla PCA-komponenter efter ett visst antal ( $q$ ), och låta dessa bilda de önskade antalet faktorer ( $F_q$ ) i modellen. Det är upp till den som utför faktoranalysen att välja antalet faktorer i modellen, en generell tumregel är dock att välja  $q$  lika med antal komponenter med egenvärden  $>1$  i korrelationsmatrisen för aktuellt dataset. En nackdel med att välja faktorer med PCA-analys är att de erhållna slumpkomponenterna är korrelerade, vilket saknar praktisk betydelse om faktorerna förklarar en stor del av den totala variansen.
2. Faktorrotation. Detta innebär att de preliminära faktorladdningarna (koefficienterna) transformeras om för att finna nya faktorer som är lättare att 'tyda' eller förklara. Oberoende av vilken metod för faktorrotation som tillämpas (t. ex varimax, vilket innebär att man maximerar variansen för faktorladdningarna i kvadrat) är det önskvärt att de nya faktorladdningarna skall antingen vara nära 0 eller så stora som möjligt.
3. Beräkna värdena (factor scores) för de slutliga faktorerna ( $F_1, F_2, \dots, F_q$ ). Detta innebär att man beräknar F-värdena som linjärkombinationer av X-variablerna,  $F_i = \alpha_{i1}X_1 + \alpha_{i2}X_2 + \dots + \alpha_{ip}X_p$ . I matrisform  $\mathbf{F} = (\mathbf{G}'\mathbf{G})^{-1}\mathbf{G}'\mathbf{X}$  där  $(\mathbf{F})' = (F_1, F_2, \dots, F_q)$ ,  $\mathbf{X}' = (X_1, X_2, \dots, X_p)$  och  $\mathbf{G}$  är en  $p \times q$  matris med beräknade faktorladdningar.

### *Faktoranalys - ett demonstrationsexempel*

För att demonstrera metoden gjordes ett urval av 8 variabler ( $X_i$ ), se tabell A4.1, beskrivande beståndskaraktärer, geografiskt läge och klimat, etc. Faktoranalys har genomförts dels på data från det internationella ägoslaget skogsmark och dels på det internationella ägoslaget träd- och buskmark.

Faktoranalysen har utförts med stöd av principalkomponent-faktoranalys på korrelationsmatrisen för valda variabler ( $X_i$ ). Som ett första steg i faktoranalysen valdes de tre första PCA-komponenterna som faktorer (egenvärden  $>1$ ). I ett andra steg genomfördes en transformation med hjälp av varimax-rotation för att om möjligt öka möjligheten att tolka resultat.

Tabell A4.1. *Beskrivning av data ( $X_i$ )*

| Variabel\                                   | Internationellt ägoslag |       |              |       |
|---|-------------------------|-------|--------------|-------|
|   | Skogsmark               |       | Träd/buskmak |       |
|   | Medel                   | StDev | Medel        | StDev |
| $X_1$ , Total Grundyta (m <sup>2</sup> /ha) | 9.7                     | 7.1   | 3.1          | 4.0   |
| $X_2$ , Grundyta tall                       | 4.8                     | 5.3   | 1.8          | 2.7   |
| $X_3$ , Grundyta gran                       | 2.0                     | 3.9   | 0.4          | 2.4   |
| $X_4$ , Lövandel (%)                        | 24                      | 32    | 21           | 36    |
| $X_5$ , Totalt stamantal                    | 2339                    | 2983  | 1256         | 2253  |
| $X_6$ , Stamantal (>10cm)                   | 311                     | 231   | 95           | 123   |
| $X_7$ , Temperatursumma                     | 1014                    | 303   | 985          | 288   |
| $X_8$ , Avstånd till kust (km)              | 95                      | 74    | 100          | 74    |
| Antal ytor                                  | 649                     |       | 455          |       |

### Tolkning

För att underlätta tolkningen har 'höga' faktorladdningar markerats med **fet** stil i redovisade tabeller. Resultaten från analysen framgår av tabellerna A4.2- A4.7. Faktorrotationen har separerat och renodlat effekterna av faktorladdningarna, d.v.s. färre X-variabler är beroende av samma faktor. För det internationella ägoslaget skogsmark har faktor 1 höga faktorladdningar för variablerna total grundyta, grundyta gran och stamantal >10cm. Faktor 1 separerar företrädesvis ut grov skog och barrdominerade bestånd ur materialet. Faktor 2 har höga faktorladdningar för variablerna temperatursumma och avstånd till kust. Faktor 2 speglar således växtplatsens klimatiska tillväxtbetingelser i data. Faktor 3 har höga faktorladdningar för variablerna lövandel och totalt stamantal. Faktor 3 fångar upp stamrika lövdominerade ståndorter i materialet. Motsvarande analys för det internationella ägoslaget träd- och buskmak ger likartad faktoruppdelning.

Tabell A4.2. *Oroterade faktorladdningar och förklarad gemensam varians, kommunaliter (communalities).Faktoranalys för ägoslaget skogsmark.*

| Variabel | Faktor1       | Faktor2      | Faktor3       | Kommunalitet |
|----------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| $X_1$    | <b>0,614</b>  | <b>0,715</b> | -0,078        | 0,895        |
| $X_2$    | -0,220        | <b>0,791</b> | 0,205         | 0,716        |
| $X_3$    | <b>0,642</b>  | 0,154        | 0,089         | 0,444        |
| $X_4$    | 0,480         | -0,336       | <b>-0,598</b> | 0,701        |
| $X_5$    | 0,372         | -0,041       | <b>-0,686</b> | 0,611        |
| $X_6$    | <b>0,557</b>  | <b>0,680</b> | 0,072         | 0,778        |
| $X_7$    | <b>-0,647</b> | 0,454        | -0,404        | 0,788        |
| $X_8$    | <b>0,592</b>  | -0,461       | 0,467         | 0,781        |
| Varians  | 2,2857        | 2,1553       | 1,2714        | 5,7124       |
| % Var    | 0,286         | 0,269        | 0,159         | 0,714        |

Tabell A4.3. *Roterade faktorladdningar(varimax-rotation) och kommunaliter (communalities). Ägoslaget skogsmark.*

| Variabel       | Faktor1      | Faktor2       | Faktor3       | Kommunalitet |
|----------------|--------------|---------------|---------------|--------------|
| X <sub>1</sub> | <b>0,938</b> | 0,035         | -0,120        | 0,895        |
| X <sub>2</sub> | 0,490        | 0,467         | <b>0,508</b>  | 0,716        |
| X <sub>3</sub> | <b>0,524</b> | -0,379        | -0,159        | 0,444        |
| X <sub>4</sub> | 0,010        | -0,179        | <b>-0,818</b> | 0,701        |
| X <sub>5</sub> | 0,168        | 0,099         | <b>-0,757</b> | 0,611        |
| X <sub>6</sub> | <b>0,881</b> | -0,027        | 0,022         | 0,778        |
| X <sub>7</sub> | -0,067       | <b>0,882</b>  | 0,077         | 0,788        |
| X <sub>8</sub> | 0,030        | <b>-0,883</b> | -0,002        | 0,781        |
| Varians        | 2,2041       | 1,9631        | 1,5451        | 5,7124       |
| % Var          | 0,276        | 0,245         | 0,193         | 0,714        |

Tabell A4.4. *Faktorvärden (Factor Score Coefficients). Ägoslaget skogsmark.*

| Variabel       | Faktor1 | Faktor2 | Faktor3 |
|----------------|---------|---------|---------|
| X <sub>1</sub> | 0,424   | 0,040   | -0,070  |
| X <sub>2</sub> | 0,234   | 0,178   | 0,289   |
| X <sub>3</sub> | 0,234   | -0,180  | -0,042  |
| X <sub>4</sub> | -0,012  | 0,027   | -0,537  |
| X <sub>5</sub> | 0,062   | 0,169   | -0,534  |
| X <sub>6</sub> | 0,401   | -0,015  | 0,036   |
| X <sub>7</sub> | -0,026  | 0,467   | -0,082  |
| X <sub>8</sub> | 0,011   | -0,479  | 0,134   |

Tabell A4.5. *Oroterade faktorladdningar och förklarad gemensam varians, kommunalitet (communalities). Ägoslaget träd- och buskmark.*

| Variabel       | Faktor1      | Faktor2       | Faktor3       | Kommunalitet |
|----------------|--------------|---------------|---------------|--------------|
| X <sub>1</sub> | <b>0,965</b> | -0,079        | 0,044         | 0,939        |
| X <sub>2</sub> | <b>0,616</b> | -0,360        | <b>-0,563</b> | 0,826        |
| X <sub>3</sub> | <b>0,640</b> | 0,212         | 0,381         | 0,600        |
| X <sub>4</sub> | 0,021        | 0,150         | <b>0,664</b>  | 0,464        |
| X <sub>5</sub> | <b>0,532</b> | 0,069         | <b>0,644</b>  | 0,703        |
| X <sub>6</sub> | <b>0,762</b> | -0,181        | -0,282        | 0,693        |
| X <sub>7</sub> | -0,171       | <b>-0,868</b> | 0,267         | 0,853        |
| X <sub>8</sub> | 0,128        | <b>0,875</b>  | -0,279        | 0,859        |
| Variance       | 2,6313       | 1,7587        | 1,5492        | 5,9391       |
| % Var          | 0,329        | 0,220         | 0,194         | 0,742        |

Tabell A4.6. Roterade faktorladdningar(varimax-rotation) och kommunalitet (communalities). Ägoslaget träd- och buskmark.

| Variabel       | Faktor1      | Faktor2      | Faktor3       | Kommunalitet |
|----------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| X <sub>1</sub> | <b>0,799</b> | <b>0,545</b> | 0,058         | 0,939        |
| X <sub>2</sub> | <b>0,885</b> | -0,193       | -0,071        | 0,826        |
| X <sub>3</sub> | 0,284        | <b>0,698</b> | 0,179         | 0,600        |
| X <sub>4</sub> | -0,346       | <b>0,584</b> | -0,061        | 0,464        |
| X <sub>5</sub> | 0,109        | <b>0,830</b> | -0,053        | 0,703        |
| X <sub>6</sub> | <b>0,819</b> | 0,149        | 0,033         | 0,693        |
| X <sub>7</sub> | -0,017       | -0,032       | <b>-0,923</b> | 0,853        |
| X <sub>8</sub> | -0,015       | 0,000        | <b>0,927</b>  | 0,859        |
| Variance       | 2,3058       | 1,8746       | 1,7587        | 5,9391       |
| % Var          | 0,288        | 0,234        | 0,220         | 0,742        |

Tabell A4.7. Faktorvärden (Factor Score Coefficients). Ägoslaget träd- och buskmark.

| Variabel       | Faktor1 | Faktor2 | Faktor3 |
|----------------|---------|---------|---------|
| X <sub>1</sub> | 0,302   | 0,214   | 0,004   |
| X <sub>2</sub> | 0,428   | -0,208  | -0,044  |
| X <sub>3</sub> | 0,048   | 0,355   | 0,074   |
| X <sub>4</sub> | -0,225  | 0,372   | -0,051  |
| X <sub>5</sub> | -0,045  | 0,458   | -0,061  |
| X <sub>6</sub> | 0,357   | -0,011  | 0,004   |
| X <sub>7</sub> | 0,007   | 0,016   | -0,526  |
| X <sub>8</sub> | -0,018  | -0,030  | 0,530   |

## Appendix 2.5 – Kanonisk korrelation (Sören Wulff)

I multipel regressionsanalys relateras en prediktionsvariabel (Y) till två eller flera oberoende regressionsvariabler (X). Kanonisk korrelationsanalys kan ses som en generalisering av multipel regressionsanalys, där flera Y-variabler sätts i relation till flera X-variabler. Flera par av kanoniska ekvationsmodeller kan beräknas från ett dataset. Om vi har p prediktionsvariabler Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub>, ..., Y<sub>p</sub> och q regressionsvariabler X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, ..., X<sub>q</sub> kan linjära samband etableras,

$$W_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \dots + a_{1q}X_q$$

$$W_2 = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + \dots + a_{2q}X_q$$

.

.

$$W_r = a_{r1}X_1 + a_{r2}X_2 + a_{r3}X_3 + \dots + a_{rq}X_q$$

$$V_1 = b_{11}Y_1 + b_{12}Y_2 + b_{13}Y_3 + \dots + b_{1p}Y_p$$

$$V_2 = b_{21}Y_1 + b_{22}Y_2 + b_{23}Y_3 + \dots + b_{2p}Y_p$$

.

.

$$V_r = b_{r1}Y_1 + b_{r2}Y_2 + b_{r3}Y_3 + \dots + b_{rp}Y_p$$

där  $r$  är det mindre av talen  $p$  och  $q$ . Sambanden väljs så att maximal korrelation uppnås mellan  $W_1$  och  $V_1$  och så vidare. Det första paret har den högsta möjliga korrelationen och är därför viktigast.

I de flesta dataset kan olika variabler indelas i två grupper, med besläktade variabler inom varje grupp. Samband mellan grupperna kan sedan sökas med hjälp av kanonisk korrelationsanalys. Nedanstående beskrivs ett försök till att använda denna metod på ett dataset från Riksskogstaxeringen rörande ägoslag enligt internationella definitioner.

Datasetet har grupperats efter ägoslagsbeskrivningen, till ytor bedömda att tillhöra ägoslaget skogsmark (648 obs), till ytor tillhörande träd och buskmark (455 obs). Med hjälp av ingående variabler görs ett försök att se om dessa skiljer sig mellan ägoslagsgrupperna. De ingående variablerna har grupperats enligt följande:

| <u>Första grupp (Y)</u>    | <u>Andra grupp (X)</u> |
|----------------------------|------------------------|
| Grundyta levande träd      | Höjd över havet        |
| Grundytevägd medeldiameter | Breddgrad              |
| Stamantal barrträd         | Longitud               |
| Andel tall                 | Avstånd till kust      |

Signifikant skillnad för enskilda variablerna mellan ägoslagsgrupperna noteras inte oväntat för total grundyta och grundytevägd medeldiameter. Det första paret ( $V_1$  och  $W_1$ ) vid en kanonisk korrelationsanalys gav vid handen följande koefficienter och korrelation (tabell A5.1).

Tabell A5.1. Resultat från kanonisk korrelationsanalys.

|                           | Skogsmark                     |         | Träd- och buskmark            |         |
|---------------------------|-------------------------------|---------|-------------------------------|---------|
| Kanonisk korrelation      | 0,373                         |         | 0,244                         |         |
|                           | Standardiserade koefficienter |         | Standardiserade koefficienter |         |
|                           | $V_1$                         | $W_1$   | $V_1$                         | $W_1$   |
| Grundyta levande          | -0.0144                       |         | 1.2131                        |         |
| Medeldiam totalt          | -0.3780                       |         | -0.8381                       |         |
| Andel tall                | 0.8381                        |         | 0.0059                        |         |
| Antal stammar av barrträd | 0.4010                        |         | -0.2095                       |         |
| Höjd över havet           |                               | -1.0628 |                               | 1.2171  |
| Breddgrad                 |                               | -0.0430 |                               | -0.5868 |
| Longitud                  |                               | 0.4779  |                               | 0.2172  |
| Avstånd till kust         |                               | 0.3375  |                               | -0.0544 |

Resultaten är något svårtolkade, då de enskilda variablerna inom grupperna är korrelerade. Kanonisk korrelationsanalys får även anses vara en 'överkvalificerad' metod i sammanhanget, och korrelationen är också låg. Den gemensamma nämnaren för  $V_1$  –variablerna kan anses vara bestockning av barrträd, och här indikeras en högre bestockning på skogsmarksyterna med en högre positiv koefficient för antal barrträdstammar och tallandel. Klimatet kan ses som gemensamt för  $W_1$  – variablerna med låg höjd över havet och breddgrad. Skogsmarksyterna återfinns i gynnsammare klimat.

Serien Arbetsrapporter utges i första hand för institutionens eget behov av viss dokumentation. Rapporterna är indelade i följande grupper: Riksskogstaxeringen, Planering och inventering, Biometri, Fjärranalys, Kompendier och undervisningsmaterial, Examensarbeten samt Internationellt. Författarna svarar själva för rapporternas vetenskapliga innehåll.

---

### **Riksskogstaxeringen:**

- 1995 1 Kempe, G. Hjälpmedel för bestämning av slutenhet i plant- och ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--1--SE
- 2 Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning. - metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i skogliga avrinningsområden. ISRN SLU-SRG-AR--2--SE.
- 1997 23 Lundström, A., Nilsson, P. & Ståhl, G. Certifieringens konsekvenser för möjliga uttag av industri- och energived. - En pilotstudie. ISRN SLU-SRG-AR--23--SE.
- 24 Fridman, J. & Walheim, M. Död ved i Sverige. - Statistik från Riksskogstaxeringen. ISRN SLU-SRG-AR--24--SE.
- 1998 30 Fridman, J., Kihlblom, D. & Söderberg, U. Förslag till miljöindexsystem för naturtypen skog. ISRN SLU-SRG-AR--30--SE.
- 34 Löfgren, P. Skogsmark, samt träd- och buskmark inom fjällområdet. En skattning av arealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--34--SE.
- 37 Odell, G. & Ståhl, G. Vegetationsförändringar i svensk skogsmark mellan 1980- och 90-talet. -En studie grundad på Ståndortskarteringen. ISRN SLU-SRG-AR--37--SE.
- 38 Lind, T. Quantifying the area of edge zones in Swedish forest to assess the impact of nature conservation on timber yields. ISRN SLU-SRG-AR--38--SE.
- 1999 50 Ståhl, G., Walheim, M. & Löfgren, P. Fjällinventering. - En utredning av innehåll och design. ISRN SLU-SRG--AR--50--SE.
- 52 Riksstogstaxeringen inför 2000-talet.- Utredningar avseende innehåll och omfattning i en framtida Riksskogstaxering. Redaktörer: Jonas Fridman & Göran Ståhl. ISRN SLU-SRG--AR--52--SE
- 54 Fridman, J. m.fl. Sveriges skogsmarksarealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--54--SE.

### **Planering och inventering:**

- 1995 3 Holmgren, P. & Thuresson, T. Skoglig planering på amerikanska västkusten - intryck från en studieresa till Oregon, Washington och British Columbia 1-14 augusti 1995. ISRN SLU-SRG-AR--3--SE.

- 4 Ståhl, G. The Transect Relascope - An Instrument for the Quantification of Coarse Woody Debris. ISRN SLU-SRG-AR--4--SE.
- 1996 15 van Kerkvoorde, M. A sequential approach in mathematical programming to include spatial aspects of biodiversity in long range forest management planning. ISRN SLU-SRG-AR--15--SE.
- 1997 18 Christoffersson, P & Jonsson, P. Avdelningsfri inventering - tillvägagångssätt och tidsåtgång. ISRN SLU-SRG-AR--18--SE.
- 19 Ståhl, G., Ringvall, A. & Lämås, T. Guided transect sampling - An outline of the principle. ISRN SLU-SRG-AR--19--SE.
- 25 Lämås, T. & Ståhl, G. Skattning av tillstånd och förändringar genom inventerings simulering - En handledning till programpaketet "NVSIM". ISRN SLU-SRG-AR--25--SE
- 26 Lämås, T. & Ståhl, G. Om dektektering av förändringar av populationer i begränsade områden. ISRN SLU-SRG-AR--26--SE

#### **Biometri:**

- 1997 22 Ali, Abdul Aziz. Describing Tree Size Diversity. ISRN SLU-SRG-AR--22--SE.

#### **Fjärranalys:**

- 1997 28. Hagner, O. Satellitfjärranalys för skogsföretag. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.
29. Hagner, O. Textur i flygbilder för skattning av beståndsegenskaper. ISRN SLU-SRG-AR--29--SE.
- 1998 32. Dahlberg, U., Bergstedt, J. & Pettersson, A. Fältinstruktion för och erfarenheter från vegetationsinventering i Abisko, sommaren 1997. ISRN SLU-SRG-AR--32--SE.
- 43 Wallerman, J. Brattåkerinventeringen. ISRN SLU-SRG-AR--43--SE.
- 1999 51 Holmgren, J., Wallerman, J. & Olsson, H. Plot - Level Stem Volume Estimation and Tree Species Discrimination with CASI Remote Sensing. ISRN SLU-SRG-AR--51--SE.
- 53 Reese, H & Nilsson, M. Using Landsat TM and NFI data to estimate wood volume, tree biomass and stand age in Dalarna. ISRN SLU-SRG-AR--53--SE.

#### **Kompendier och undervisningsmaterial:**

- 1996 14 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 92/96. En analys av skogstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.



- 21 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. En analys av skogstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en stor del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--21--SE.
- 1998 42 Holm, S. & Lämås, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. An analysis of the state of the forest and of some management alternatives for the Östad estate. ISRN SLU-SRG-AR--42--SE.

#### **Examensarbeten:**

- 1995 5 Törnquist, K. Ekologisk landskapsplanering i svenskt skogsbruk - hur började det?. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--5--SE.
- 1996 6 Persson, S. & Segner, U. Aspekter kring datakvaliténs betydelse för den kortsiktiga planeringen. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--6--SE.
- 7 Henriksson, L. The thinning quotient - a relevant description of a thinning? Gallringskvot - en tillförlitlig beskrivning av en gallring? Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--7--SE.
- 8 Ranvald, C. Sortimentinriktad avverkning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--8--SE.
- 9 Olofsson, C. Mångbruk i ett landskapsperspektiv - En fallstudie på MoDo Skog AB, Örnsköldsviks förvaltning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--9--SE.
- 10 Andersson, H. Taper curve functions and quality estimation for Common Oak (*Quercus Robur* L.) in Sweden. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--10--SE.
- 11 Djurberg, H. Den skogliga informationens roll i ett kundanpassat virkesflöde. - En bakgrundsstudie samt simulering av inventeringsmetoders inverkan på noggrannhet i leveransprognoser till sågverk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--11--SE.
- 12 Bredberg, J. Skattning av ålder och andra beståndsvariabler - en fallstudie baserad på MoDo:s indelningsrutiner. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--12--SE.
- 13 Gunnarsson, F. On the potential of Kriging for forest management planning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--13--SE.
- 16 Tormalm, K. Implementering av FSC-certifiering av mindre enskilda markägares skogsbruk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--16--SE.

- 1997 17 Engberg, M. Naturvärden i skog lämnad vid slutavverkning. - En inventering av upp till 35 år gamla föryngringsytor på Sundsvalls arbetsomsåde, SCA. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN-SRG-AR--17--SE.
- 20 Cedervind, J. GPS under krontak i skog. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--20--SE.
- 27 Karlsson, A. En studie av tre inventeringsmetoder i slutavverkningsbestånd. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--27--SE.
- 1998 31 Bendz, J. SÖDRAs gröna skogsbruksplaner. En uppföljning relaterad till SÖDRAs miljömål, FSC's kriterier och svensk skogspolitik. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--31--SE.
- 33 Jonsson, Ö. Trädsikt och ståndortsförhållanden i strandskog. - En studie av tre bäckar i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--33--SE.
- 35 Claesson, S. Thinning response functions for single trees of Common oak (*Quercus Robur* L.) Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--35--SE.
- 36 Lindskog, M. New legal minimum ages for final felling. Consequences and forest owner attitudes in the county of Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--36--SE.
- 1998 40 Persson, M. Skogsmarksindelningen i gröna och blå kartan - en utvärdering med hjälp av riksskogstaxeringens provytor. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--40--SE.
- 41 Eriksson, F. Markbaserade sensorer för insamling av skogliga data - en förstudie. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--41--SE.
- 45 Gessler, C. Impedimentens potentiella betydelse för biologisk mångfald. -En studie av myr- och bergimpediment i ett skogslandskap i Västerbotten. Examensarbete ISRN SLU-SRG-AR--45--SE.
- 46 Gustafsson, K. Långsiktplanering med geografiska hänsyn - en studie på Bräcke arbetsområde, SCA Forest and Timber. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--46--SE.
- 47 Holmgren, J. Estimating Wood Volume and Basal Area in Forest Compartments by Combining Satellite Image Data with Field Data. Examensarbete i ämnet fjärranalys. ISRN SLU-SRG-AR--47--SE.
- 49 Härdelin, S. Framtida förekomst och rumslig fördelning av gammal skog. - En fallstudie på ett landskap i Bräcke arbetsområde. Examensarbete SCA. ISRN SLU-SRG-AR--49--SE.

## Internationellt

- 1998 39 Sandewall, M., Ohlsson, B & Sandewall, R.K. People's options on forest land use. - a research study of land use dynamics and socio-economic conditions in a historical perspective in the Upper Nam Nan Water Catchment Area, Lao PDR. ISRN SLU-SRG-AR--39--SE.
- 44 Sandewall, M., Ohlsson, B., Sandewall, R.K., Vo Chi Chung, Tran Thi Binh & Pham Quoc Hung. People's options on forest land use. Government plans and farmers intentions - a strategic dilemma. ISRN SLU-SRG-AR--44--SE.
- 48 Sengthong, B. Estimating Growing Stock and Allowable Cut in Lao PDR using Data from Land Use Maps and the National Forest Inventory(NFI). Master thesis. ISRN SLU-SRG-AR--48--SE.